

# Optimierung der Bildauswertung von Farbbildern aus Minirhizotronen zur Wurzelbeobachtung

Rüdiger Harms<sup>1</sup>, Hans-Peter Schäfer<sup>2</sup>, Gerhard Kast<sup>3</sup>, Maik Veste<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhysComp, Sperlingsgasse 17A, 38126 Braunschweig

<sup>2</sup> Schäfer GmbH - Industrielle Meß- und Videotechnik, Trautenstrasse 6, 38114 Braunschweig

<sup>3</sup> UP Umweltanalytische Produkte GmbH, Taubenstrasse 4, 03046 Cottbus

<sup>4</sup> CEBra - Centrum für Energietechnologie Brandenburg e.V., Friedlieb-Runge-Strasse 3, 03046 Cottbus

Email: maik.veste@me.com

**Zusammenfassung:** Die Minirhizotrontechnik ist ein geeignetes Werkzeug, um das Wachstum und die Lebensdauer von Feinwurzeln und Veränderungen der Wurzelynamik zu beobachten. Wir entwickelten ein automatisches Minirhizotronsystm mit einer vollautomatischen Bildaufnahme entlang der Röhre. Eine Bildoptimierung wurde durch eine Verbesserung der Bildauswertesoftware erreicht, die die Erstellung eines Gesamtbildes für die Auswertung ermöglicht.

**Deskriptoren:** Minirhizotron, Bildverarbeitung, Objekterkennung, Wurzeln

**Abstract:** *The minirhizotron technique is a suitable tool to observe fine root growth and longevity and changes of root dynamics. We developed a novel automatic minirhizotron system with a fully automatic image acquisition along the tubes. An image enhancement has been achieved by improving the image processing software, that allows to create an overall image for further evaluation.*

**Keywords:** minirhizotron, imaging, object detection, roots

## 1 Einleitung

Nicht-destruktive Untersuchungen des Wurzelsystems haben eine große Bedeutung für Agrar- und Forstwissenschaften und ökologische Studien. Bisherige direkte Untersuchungen zur Struktur und Dynamik des Wurzelsystems sind allerdings im Boden erschwert. Die Minirhizotron-Technik erlaubt nicht-destruktive Beobachtungen der Feinwurzelproduktion, Sterblichkeit und Umsatzes über einen längeren Zeitraum (MAJDI *et al.* 2005, SMIT *et al.* 2000, VESTE 2012). Bei dieser Methode werden Glas- oder Plexiglasröhren in der Nachbarschaft der Pflanzen in den Boden eingelassen. So können Minirhizotrone qualitative Informationen über die Wurzelfarbe und auch über die Ausbildung der Mykorrhiza liefern. Für die Wurzel aufnahmen wurde ein neues automatisches Minirhizotronsystm entwickelt (VESTE *et al.* 2013), das auf einer Farb-Kamera mit einem Durchmesser von 28 mm basiert. Die Kamera wird mit Hilfe von Schrittmotoren, die von Beckhoff-Steuerungstechnik über die Software angesprochen werden, in der Röhre positioniert. Das Abtasten der Röhre und die Bildaufnahme erfolgt in freiwählbaren Tiefen-

schritten und Winkeln. Die Baulänge der Führung bedingt die maximale Beobachtungstiefe. Bisher wurde ein System mit einer Baulänge von 160 cm realisiert (**Bild 1**).



**Bild 1:** Automatisches Minirhizotronsystem mit automatischer Führung zur Untersuchung des Wurzelwachstums (A), Positionierung der Fingerkamera in den Minirhizotronröhren (B)

Für diese automatische Steuerung der Führung der Kamera und die automatische Bilderfassung wurde das Programm „Wurzel“ entwickelt. Für ein- und mehrachsige Bewegungen wird eine PC-gesteuerte Antriebstechnik verwendet, über die die Schrittmotoren gesteuert werden. Für die Positionierung der Kamera sind drei Optionen vorhanden: a) Manuelles Abfahren der Röhre, b) automatische Positionierung der Kamera auf eine genaue Koordinate (Tiefe, Winkel) und c) vollautomatisches Scannen der Röhre in frei definierbaren Tiefenbereichen.

## 2 Bilderfassung und -verarbeitung

Die Bilderfassung erfolgt mit einer CCD-Fingerkamera (**Bild 1**), die auf einem Sony CCD Sensor basiert. Auf den Leuchtkörper ist ein Spiegel installiert, der einen Blickwinkel von 90° ermöglicht. Die Kamera verwendet ein PAL Signal, das direkt über einen USB-Video-Konverter in ein digitales Bild umgewandelt wird. Die so entstandenen Fotos können als Tiefenebenen-Bilder oder Gesamtbild vom Programm „Wurzel“ als JPG-Dateien exportiert werden.

### 3 Optimierung der Bildaufnahme

Während der technischen Erprobung der Minirhizotron-Anlage haben sich bei der Bildaufnahme technische Probleme ergeben, die die Qualität der erzeugten Bilder deutlich minderten und die Auswertung erschwerten. Ein grundlegendes Problem bei der Bildfassung sind Reflexionen in den oberen Ecken der Bilder (**Bild 2**), die in Folge der indirekten Beleuchtung und der Krümmung der Glasröhren entstehen.

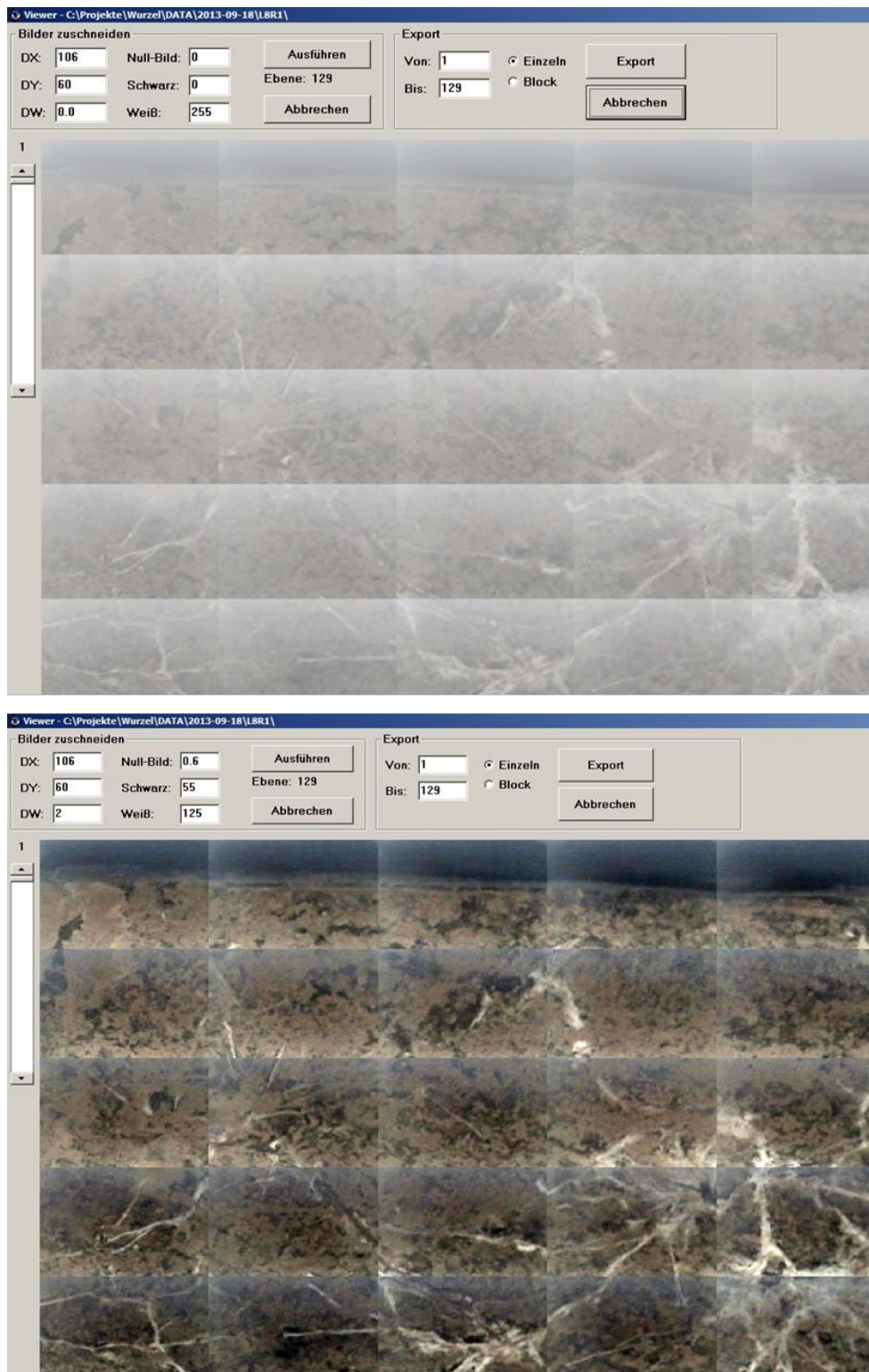


**Bild 2:** Einzelbild eines Minirhizotron-Bildes. Die Überstrahlungen in den oberen Bildecken sind mit Pfeilen markiert. Deutlich ist die Mykorrhiza im Bild erkennbar.

Diese hellen Bereiche können Wurzeln überstrahlen und so Probleme bei der Identifikation der Wurzeln verursachen und zu Ungenauigkeiten bei der Bildauswertung führen. Besonders störend sind die hellen Bereiche bei zusammengesetzten Bildern. Mit Hilfe einer softwaretechnischen Verrechnung von Hintergrundbildern ohne Wurzeln (sogenanntes Nullbild) und den aufgenommenen Wurzelbildern lassen sich diese Bereiche ausgleichen und so die Bildqualität verbessern.

Zur Erstellung eines Gesamtbildes werden die Einzelbilder überlappend zusammengesetzt, dabei lassen sich die horizontale (DX) und die vertikale (DY) Bildüberlappung manuell einstellen. Eine leichte Verzerrung des Bildes lässt sich durch eine Bildrotation (DW) korrigieren, so dass ein Gesamtbild entsteht (**Bild 3**).

Zudem lässt sich durch die Bildverarbeitung die Bildqualität verbessern und der „Grauschleier“ in den Bildern herausfiltern. Dies wird durch eine Kontrastdehnung ermöglicht. Die ursprüngliche Verteilung der Helligkeitswerte wird von einem Bereich von 0..255 auf 55..125 gestreckt. Ein Beispiel eines Vorher-Nachher-Bildes ist in **Bild 3** zu sehen. Die Wurzelstruktur und die Mykorrhiza sind auf dem Gesamtbild deutlich zu erkennen. Somit wurde durch diese software-technischen Modifikationen eine deutliche Verbesserung der Bildqualität der Farbkamera für die anschließende Auswertung und Interpretation der Bilder ermöglicht.



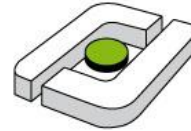
**Bild 3:** Zusammengesetztes Gesamtbild vor (A) und nach (B) der software-technischen Optimierung. Folgende Schritte wurden durchgeführt: Subtraktion eines Nullbildes, Veränderung der Verteilung der Helligkeitswerte von ursprünglich 0..255 auf einen Bereich von 55..125. Drehung (DW) um 2°.

## Literaturverzeichnis

- MAJDI H., PREGITZER K., MORÉN A.-S., NYLUND J.-E., ÅGREN G.I. (2005):** Measuring Fine Root Turnover in Forest Ecosystems. *Plant and Soils* 276 (1-2): 32-75
- SMIT A.L., BENGOUGH A.G., VAN NOORDWIJK M., PELERGRIN S., VAN DE GEIJN S.C. (eds.) (2000):** *Root methods – a Handbook*. Springer Publisher, Stuttgart, Berlin, New York
- VESTE M. (2012):** Anwendung von optischen Messsystemen zur nicht-destruktiven Erfassung von Wurzeln im Boden. *Bornimer Agrartechnische Berichte* 78: 81-89
- VESTE M., SCHÄFER H.-P., HARMS J., KAST G. (2013):** Ein neues computergesteuertes Minirhizotron-System zur Erfassung von Wurzeln. *Bornimer Agrartechnische Berichte* 81: 295-301



Leibniz-Institut für Agrartechnik  
Potsdam-Bornim e.V.



**Hochschule Osnabrück**  
University of Applied Sciences

## 20. Workshop Computer-Bildanalyse und Sensorik in der Landwirtschaft

26. Mai 2014, Osnabrück



Labor für  
Biosystemtechnik

**Bornimer Agrartechnische Berichte**

Vorläufige Version Teil I

Potsdam-Bornim / Osnabrück 2014